

2

97 P 8557 DE



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 22 481 C 2

51 Int. Cl.⁷:
G 01 R 33/385
A 61 B 5/055

21 Aktenzeichen: 197 22 481.4-42
22 Anmeldetag: 28. 5. 1997
43 Offenlegungstag: 3. 12. 1998
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10. 2. 2000

DE 197 22 481 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

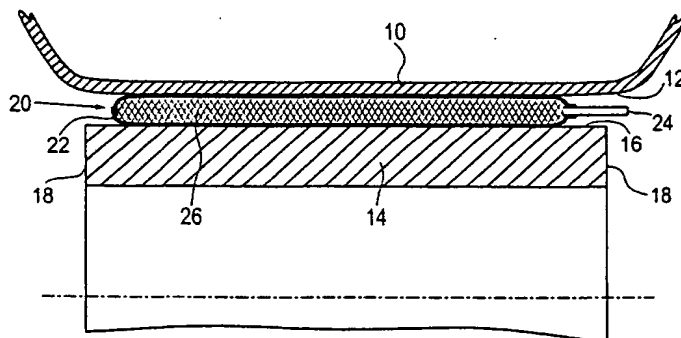
72 Erfinder:
Sellers, Michael, Dipl.-Ing., 91054 Erlangen, DE;
Schuster, Johann, 90522 Oberasbach, DE;
Carlberger, Thomas, 91058 Erlangen, DE; Bömmel,
Franz, Dr.rer.nat., 91056 Erlangen, DE; Hentzelt,
Heinz, Dipl.-Phys., 91058 Erlangen, DE; Hartmann,
Ludwig, 92286 Rieden, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	41 41 514 C2
DE	195 31 216 A1
US	53 45 177 A
US	53 31 281 A
US	52 56 969 A

54 Kernspintomograph und Verwendung einer Geräuschminderungseinrichtung bei einem Kernspintomographen

57 Kernspintomograph, der eine Magnetbaugruppe (10) mit einer ersten Fläche (12) und eine Gradientenspulenbaugruppe (14) mit einer zweiten Fläche (16) aufweist und bei dem die erste und die zweite Fläche (12, 16) einander zugewandt und mit Abstand voneinander angeordnet sind, wobei eine Geräuschminderungseinrichtung zum Dämpfen der Schwingungen der Gradientenspulenbaugruppe (14) und/oder zum Versteifen der Gradientenspulenbaugruppe (14) in Kontakt mit der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Geräuschminderungseinrichtung in flächigem Kontakt mit der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) steht.



DE 197 22 481 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Kernspintomographen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 beziehungsweise 9 und insbesondere die Magnet- und Gradientenspulenbaugruppen eines derartigen Tomographen. Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung einer Geräuschminderungseinrichtung bei einem Kernspintomographen.

Beim Betrieb eines Kernspintomographen erzeugt eine Magnetbaugruppe ein statisches Grundfeld in der Größenordnung von etwa 1 Tesla. Zur Bildgebung ist es notwendig, diesem Grundfeld Magnetfeldgradienten zu überlagern. Dies geschieht mittels einer Gradientenspulenbaugruppe, die im Grundfeld angeordnet ist. Üblicherweise weist die Gradientenspulenbaugruppe mehrere Spulen auf, um drei senkrecht aufeinander stehende Magnetfeldgradienten zu erzeugen.

Jede Gradientenspule wird typischerweise von einem impulsförmigen Strom in der Größenordnung von bis zu 300 A mit Anstiegszeiten von weniger als 1 ms durchflossen. Dabei wirken im magnetischen Grundfeld auf die Leiter der Gradientenspulen Lorentz-Kräfte, die sich entsprechend dem Stromfluß durch die Gradientenspulen zyklisch ändern. Diese Kräfte regen die Gradientenspulenbaugruppe zu Schwingungen an, wodurch ein für den Patienten unangenehmes Klopfgeräusch entsteht, das im Extremfall sogar die Schmerzgrenze erreichen kann.

Aus der US 5,345,177 A ist ein gattungsgemäßer Kernspintomograph bekannt, bei dem eine rohrförmige Gradientenspulenbaugruppe an beiden Enden durch Dämpfungsmittel mit der Innenwand eines Kryostaten verbunden ist. Die Dämpfungsmittel weisen einen oder zwei Haltebolzen auf, die im wesentlichen in punktförmigem Kontakt mit der Gradientenspulenbaugruppe beziehungsweise dem Kryostaten stehen.

Die US 5,256,969 A zeigt eine Gradientenspulenbaugruppe mit einem besonders versteiften und schwingungsdämpfenden Spulenkörper. Einzelheiten hinsichtlich der Verbindung der Gradientenspulenbaugruppe mit einer Magnetbaugruppe sind nicht offenbart.

Die US 5,331,281 A offenbart eine Gradientenspulenbaugruppe, deren Eigenfrequenz von der Frequenz einer auf die Baugruppe wirkenden Kraft abweicht, um die Geräuschentwicklung zu verringern.

Aus der DE 195 31 216 A1 ist ein Kernspintomograph bekannt, bei dem die Gradientenspulenbaugruppe im Bereich eines im Betrieb zu erwartenden Schwingungsknotens elastisch aufgehängt ist. Die elastische Aufhängung ist relativ weich, weil sie die Übertragung von Schwingungen der Spulenbaugruppe auf die Magnetbaugruppe dämpfen soll. Daher werden die Schwingungseigenschaften der Gradientenspulenbaugruppe durch die elastische Aufhängung nicht wesentlich verändert. Beim Betrieb dieses bekannten Tomographen ergibt sich somit nach wie vor ein erheblicher Lärmpegel.

Die DE 41 41 514 C2 zeigt eine Gradientenspulenbaugruppe mit zwei konzentrischen und schubsteif miteinander verbundenen Schalen. Die Baugruppe ist mechanisch besonders starr, wodurch sich der Schalldruckpegel im Untersuchungsvolumen verringert. Allerdings ist diese Baugruppe aufwendig in der Herstellung.

Die Erfindung hat demgemäß die Aufgabe, einen Kernspintomographen bereitzustellen, der bei geringem konstruktiven Aufwand besonders geräuscharm arbeitet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Tomographen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 beziehungsweise des Anspruchs 9 sowie durch eine Verwendung gemäß Anspruch 16 gelöst. Unter einer Versteifung der Gra-

dientenspulenbaugruppe soll sowohl eine Versteifung der gesamten Baugruppe als auch eine lokale Versteifung einzelner Bereiche dieser Baugruppe verstanden werden.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, zur Schwingungsdämpfung und/oder Versteifung der Gradientenspulenbaugruppe diese in geeigneter Weise an der Magnetbaugruppe abzustützen. Dazu ist eine Geräuschminderungseinrichtung vorgesehen, die entweder in flächigem Kontakt mit der Magnetbaugruppe und der Gradientenspulenbaugruppe steht oder Keile aufweist, die zwischen diese beiden Baugruppen eingespreizt sind, um das beim Betrieb des Tomographen entstehende Geräusch zu verringern.

Die erfindungsgemäße Lösung ist sehr wirtschaftlich, weil Bauteile der Magnetbaugruppe (beispielsweise das äußerst stabile, aus etwa 4 mm dickem Edelstahl bestehende Magnetinnenrohr) zur Lärminderung mitverwendet werden. Ferner werden durch die Erfindung überraschend hohe Lärmreduzierungen bis zu 10 dB erreicht.

Erfindungsgemäß dient die Geräuschminderungseinrichtung zur Schwingungsdämpfung und/oder Versteifung der Gradientenspulenbaugruppe. Je nach dem Aufbau und dem Material der Geräuschminderungseinrichtung werden diese beiden Funktionen in unterschiedlichem Maße verwirklicht, wobei eine genaue Trennung der Wirkprinzipien oft nicht möglich ist. Im Regelfall bewirken jedoch die schwingungsdämpfenden Eigenschaften eine effektivere Geräuschminderung als die versteifenden Eigenschaften.

Wenn beispielsweise der Raum zwischen der ersten und der zweiten Fläche mit einer Flüssigkeit (z. B. Wasser und/oder Öl) gefüllt ist, hat die so gebildete Geräuschminderungseinrichtung hauptsächlich versteifende und nur wenig schwingungsdämpfende Eigenschaften. Luftgefüllter Schaumstoff, der zwischen die erste und die zweite Fläche geklemmt wird, hat dagegen hauptsächlich schwingungsdämpfende und nur in geringem Maße versteifende Wirkung. Bei einer Sandfüllung ist das Verhältnis von Dämpfung und Versteifung ungefähr ausgeglichen. Die Geräuschminderungseinrichtung kann ferner einen Schaum, Luft, ein anderes Gas oder andere Stoffe zur Schwingungsdämpfung und/oder Versteifung aufweisen. Alle diese Stoffe können unter Druck stehen.

Das Funktionsprinzip der Geräuschminderungseinrichtung hinsichtlich ihrer schwingungsdämpfenden Wirkung ist, daß die Schwingungsenergie der Gradientenspulenbaugruppe, die als Körperschall auf der zweiten Fläche vorliegt, in eine Dämpfungsschicht eingeleitet und dort zum großen Teil absorbiert wird, indem die Schwingungsenergie in Arbeit in der Dämpfungsschicht (und somit in Wärme) umgesetzt wird. Dadurch verringern sich die Vibrationen und die Schallemission der Gradientenspulenbaugruppe.

Hinsichtlich ihrer versteifenden Eigenschaften beruht die Wirkung der Geräuschminderungseinrichtung darauf, daß sich mit zunehmender Steifheit die Gesamtverformung der Gradientenspulenbaugruppe und damit auch die Lärmemission verringern. Außerdem wird durch eine Versteifung der Spulenbaugruppe deren Eigenschwingverhalten auf höhere Frequenzen abgestimmt, die sich ihrerseits leichter dämpfen lassen.

Besonders wirksam ist die Geräuschminderungseinrichtung, wenn sie in vollflächigem Kontakt mit der ersten und zweiten Fläche steht. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Raum zwischen diesen beiden Flächen im wesentlichen vollständig von der Geräuschminderungseinrichtung ausgefüllt ist. Dann tritt der zusätzliche lärmindernde Effekt auf, daß der Luftspalt zwischen der Magnetbaugruppe und der Gradientenspulenbaugruppe, der normalerweise das durch die Schwingung der Gradientenspulenbaugruppe verursachte Geräusch verstärkt und weiterleitet, seine Eigen-

schaften als Resonanzraum und Schallübertrager verliert. Der Abstand zwischen der ersten und der zweiten Fläche ist vorzugsweise im wesentlichen einheitlich und kann etwa 2 mm bis 20 mm betragen.

In einer Ausführungsform der Erfindung sind insbesondere flüssige, gasförmige oder schüttfähige Dämmstoffe unmittelbar, d. h. ohne weitere Umhüllung, in einem von der ersten und der zweiten Fläche begrenzten, abgedichteten Raum angeordnet. Als Ausführungsalternative können derartige oder andere Stoffe mit einer geeigneten, vorzugsweise flexiblen Hülle umgeben sein.

Die Geräuschminderungseinrichtung ist vorzugsweise aus mindestens einem Kissen gebildet. Ein solches Kissen weist vorzugsweise eine Hülle und einen Kern oder eine Füllung auf; es kann aber auch aus einer einheitlichen Schicht eines geeigneten Materials (insbesondere Schaumstoff) oder aus mehreren Schichten unterschiedlicher Materialien bestehen. Um eine besonders gute schalldämmende Wirkung zu erzielen, ist das Kissen vorzugsweise elastisch und/oder nachgiebig und/oder flexibel. Bevorzugt liegt das Kissen im Betriebszustand des Tomographen eng an der ersten und der zweiten Fläche an, ist aber nicht fest mit diesen verbunden. Dadurch kann die Gradientenspulenbaugruppe leichter zur Wartung oder zum Austausch demontiert werden.

Vorzugsweise weist das Kissen eine aus verschweißter Kunststoffolie gebildete, luftundurchlässige Außenhaut auf. Die Außenhaut besteht bevorzugt aus PVC-Folie, aus Polyethylen-Folie oder aus einer anderen Folie, die luftdicht und verschweißbar ist. In dem Kissen ist bevorzugt eine Schaumstofffüllung aus einem offenporigen Schaumstoff, beispielsweise aus Polyurethan-Schaum, angeordnet. Die Schaumstofffüllung sorgt für eine gute Schalldämmung und außerdem für eine hinreichende Elastizität des Kissens, wenn der Luftdruck im Inneren des Kissens ungefähr gleich dem Außenluftdruck ist.

Das Kissen weist bevorzugt einen Anschluß auf, der als Ventil ausgestaltet sein kann. Wenn das Kissen nicht in den Tomographen eingesetzt und das Ventil geöffnet ist, ist das Kissen vorzugsweise dicker als der Abstand zwischen der ersten und der zweiten Fläche. Ist dieses Kissen bei offenem Ventil in den Tomographen eingesetzt, so wird seine Außenhaut von der Schaumstofffüllung gegen die erste und die zweite Fläche gedrückt, wodurch der Spalt zwischen diesen Flächen vollständig ausgefüllt wird.

Ein Kissen mit luftdichter Außenhaut und Schaumstofffüllung kann leicht in den Spalt zwischen der ersten und der zweiten Fläche eingeschoben und aus diesem entnommen werden, wenn die in dem Kissen enthaltene Luft so weit abgepumpt wird, daß es durch den Außenluftdruck dünn zusammengedrückt wird.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist eine Geräuschminderungseinrichtung mit besonders starker Versteifungswirkung durch Keile gebildet, die zwischen der ersten und der zweiten Fläche eingespreizt sind. Durch jeden Keil wird die radiale Steifigkeit der Gradientenspulenbaugruppe in der Umgebung des Keils lokal erhöht. Bei einer sehr wirksamen Geräuschminderungseinrichtung sind versteifende Keile mit anderen, schwingungsdämpfenden Mitteln kombiniert.

Bevorzugt sind die Keile an Bereichen der Gradientenspulenbaugruppe eingeklemmt, die beim Betrieb des Tomographen hohe Schwingungsamplituden (Schwingungsbüchse) aufweisen. Wird an diesen oder anderen Bereichen die Auslenkung durch die Verkeilung lokal reduziert, so verringern sich auch die Verformung und Schwingung der gesamten Spulenbaugruppe und dementsprechend die Geräuschentwicklung. Vorzugsweise liegen zumindest einige der

Keile flächig an der ersten und der zweiten Fläche an. Die Größe der Anlageflächen ist vorzugsweise an die statische Belastung angepaßt.

Bei Tomographen mit einer rohrförmigen Gradientenspulenbaugruppe sind Keile vorzugsweise an den Stirnseiten dieser Baugruppe vorgesehen, weil dort bei einer Vielzahl von Schwingungsmoden die Auslenkungsamplituden am größten sind. Eine zusätzliche Verkeilung entlang einer ungefähr in der axialen Mitte der rohrförmigen Gradientenspulenbaugruppe angeordneten Umfangslinie ist vorteilhaft.

In einer bevorzugten Ausführungsform soll die Verkeilung bei einer rohrförmigen Gradientenspulenbaugruppe hauptsächlich deren Steifheit in Umfangsrichtung erhöhen. Zu diesem Zweck sind vorzugsweise entlang einer oder mehrerer Umfangslinie(n) jeweils relativ viele Keile angeordnet. Wenn sich beispielsweise beim Betrieb des Tomographen in einer Querschnittebene durch die Spulenbaugruppe ein Sechseck als Verformungsbild ergibt, werden bevorzugt mindestens sechs Keile an den Orten maximaler Auslenkung entlang der durch diese Querschnittebene definierten Außenumfangslinie eingekeilt. Die Versteifungswirkung kann weiter verbessert werden, indem mindestens zehn, vorzugsweise elf oder zwölf Keile entlang einer Umfangslinie eingesetzt werden.

Eine mit Keilen oder anderen versteifenden Mitteln aufgebaute Geräuschminderungseinrichtung für eine rohrförmige Gradientenspulenbaugruppe ist vorzugsweise so ausgebildet, daß die Eigenfrequenzen der Gradientenspulenbaugruppe in Umfangs- und in Längsrichtung gegeneinander verstimmt sind. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn die Geräuschminderungseinrichtung die Steifheit der Spulenbaugruppe in Umfangs- und in Längsrichtung (axialer Richtung) in unterschiedlicher Weise verändert. Beispielsweise erhöhen Keile, die entlang einer Umfangslinie der Gradientenspulenbaugruppe eingeschoben sind, hauptsächlich die Steifheit der Spulenbaugruppe in Umfangsrichtung, wodurch die Eigenfrequenz der Baugruppe in dieser Richtung erhöht wird. Ein Verstimmen der Schwingungsfrequenzen ist vorteilhaft, weil dadurch die Überlagerung (Interferenz) von stehenden Wellen mit hohen Energieinhalten vermieden wird. Eine solche Interferenz würde sich in einem erhöhten Schalldruckpegel innerhalb des Innenrohres der Gradientenspulenbaugruppe (Patientenrohr) auswirken.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun unter Hinweis auf die schematischen Zeichnungen beschrieben.

Fig. 1 bis Fig. 4 zeigen je eine geschnittene Teilansicht der für die Erfindung relevanten Bauteile eines Kernspintomographen in vier Ausführungsbeispielen der Erfindung.

Der Kernspintomograph gemäß Fig. 1 bis Fig. 4 ist für Ganzkörperuntersuchungen vorgesehen. Er weist eine Magnetbaugruppe 10 auf, um ein homogenes, statisches Grundmagnetfeld in einem Untersuchungsvolumen zu erzeugen. Zum Untersuchungsvolumen hin ist die Magnetbaugruppe 10 durch eine erste Fläche 12 begrenzt. In Fig. 1 bis Fig. 4 ist als einziges Bauteil der Magnetbaugruppe 10 ein Magnetinnenrohr (Patientenrohr) mit kreisförmigem Querschnitt dargestellt, dessen Innenfläche die erste Fläche 12 bildet. Das Magnetinnenrohr besteht aus Edelstahl mit einer Dicke von etwa 4 mm. Es schließt den Grundfeldmagneten und einen Kryostaten zum Patienten hin ab.

Eine Gradientenspulenbaugruppe 14 ist in dem Grundmagnetfeld der Magnetbaugruppe 10 angeordnet und vermag drei rechtwinklig zueinander angeordnete Magnetfeldgradienten zu erzeugen. Entsprechend der Form des Magnetin-

nenrohres ist die Gradientenspulenbaugruppe 14 als Rohr mit kreisförmigem Querschnitt ausgebildet. Die äußere Mantelfläche der Gradientenspulenbaugruppe 14 bildet eine zweite Fläche 16, die der ersten Fläche 12 zugewandt ist. Die Gradientenspulenbaugruppe 14 ist in der Magnetbaugruppe 10 konzentrisch befestigt, so daß ein gleichmäßiger, im Querschnitt ringförmiger Spalt mit einer Breite von etwa 6 mm zwischen der ersten Fläche 12 und der zweiten Fläche 16 gebildet ist. An ihren beiden Enden weist die Gradientenspulenbaugruppe 14 je eine ringförmige Stirnseite 18 auf. Die Längsachse der Gradientenspulenbaugruppe 14 ist in Fig. 1 bis Fig. 4 als strichpunktierte Linie angedeutet.

In Fig. 1 bis Fig. 4 ist je eine Geräuschminderungseinrichtung in Kontakt mit der ersten und der zweiten Fläche 12, 16 angeordnet.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1, das von den Erfindern gegenwärtig als der beste Weg zum Ausführen der Erfindung angesehen wird, ist die Geräuschminderungseinrichtung durch mehrere Kissen 20 gebildet, die in den Raum zwischen der ersten Fläche 12 und der zweiten Fläche 16 eingesetzt sind. Von diesen Kissen 20 ist in Fig. 1 nur eines gezeigt.

Jedes Kissen 20 weist eine luftdichte Außenhaut 22 auf, die aus zwei miteinander verschweißten Stücken einer PVC-Folie besteht. An einer Stelle der umlaufenden Schweißnaht ist ein als Ventil ausgebildeter Anschluß 24 luftdicht eingesetzt. Die Außenhaut 22 umschließt eine aus einem offenzelligen Polyurethan Schaum gebildete Schaumstofffüllung 26, die flächig mit der Außenhaut 22 verklebt ist.

Im Betriebszustand des Tomographen ist das Ventil geöffnet, so daß im Inneren des Kissens 20 ungefähr der Außenluftdruck herrscht. Das Kissen 20 ist so dimensioniert, daß die Außenhaut 22 dann von der Schaumstofffüllung 26 an die erste und zweite Fläche 12, 16 angedrückt wird. Die Lücke zwischen den beiden Flächen 12, 16 ist vollständig ausgefüllt, und die Schwingung der Gradientenspulenbaugruppe 14 wird wirksam gedämpft.

Wenn bei der Wartung des Tomographen, zur Reinigung oder aus sonstigen Gründen das Kissen 20 entfernt werden soll, wird Luft über den Anschluß 24 abgepumpt. Der äußere Luftdruck preßt nun das Kissen 20 zusammen, so daß es leicht aus dem Spalt zwischen den beiden Flächen 12, 16 herausgezogen werden kann. Das Kissen 20 kann mit geschlossenem Ventil im evakuierten Zustand gelagert werden. Da es in diesem Zustand dünn und relativ steif ist, kann es nach Abschluß der Arbeiten leicht wieder zwischen die beiden Flächen 12, 16 eingeschoben werden, wobei es der Krümmung dieser Flächen folgt. Wenn das Ventil nun geöffnet wird, strömt Luft in das Kissen 20. Das Kissen 20 gewinnt seine ursprüngliche Elastizität und Dicke wieder und wird dadurch im Klemmsitz zwischen den beiden Flächen 12, 16 gehalten.

In Ausführungsalternativen der Geräuschminderungseinrichtung nach Fig. 1 ist vorgesehen, das Kissen 20 auf einen leichten Überdruck aufzupumpen und/oder es mit einem anderen Gas oder einer Flüssigkeit zu füllen und/oder die innere Schaumstofffüllung 26 wegzulassen.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 ist die Geräuschminderungseinrichtung dadurch gebildet, daß in der zylinderförmigen Lücke zwischen der Magnetbaugruppe 10 und der Gradientenspulenbaugruppe 14 ein abgedichteter Raum von der ersten Fläche 12, der zweiten Fläche 16 und zwei ringförmigen Dichtungen 30 begrenzt ist und der so gebildete Raum mit Sand 32 gefüllt ist. Die Dichtungen 30 sind als Gummidichtungen ausgestaltet und nahe den Stirnseiten 18 der Gradientenspulenbaugruppe 14 angeordnet. Eine derartige Geräuschminderungseinrichtung weist gute schwingungsdämpfende und gute versteifende Eigenschaften auf.

ten auf.

In Ausführungsalternativen von Fig. 2 ist statt Sand 32 ein anderer schwingungsdämpfender und/oder versteifender Stoff, beispielsweise ein Schaum oder eine unter Druck stehende Flüssigkeit, vorgesehen.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Geräuschminderungseinrichtung durch kurze Keile 40 und lange Keile 42 gebildet, die die Gradientenspulenbaugruppe 14 an dem Magnetinnenrohr abstützen und somit versteifen. Die Keile 40 und 42 bestehen aus einem stabilen und schwingungsdämpfenden Werkstoff, beispielsweise aus Holz oder einem Kunststoff-Spritzgußteil.

An den beiden Stirnseiten 18 sind je elf kurze Keile 40 in gleichmäßigen Winkelabständen entlang des Außenumfangs der Gradientenspulenbaugruppe 14 eingesetzt. Ferner ist die Gradientenspulenbaugruppe 14 entlang einer in der Mitte zwischen den beiden Stirnseiten 18 verlaufenden Umfangslinie von elf Paaren langer Keile 42 abgestützt. Die Keile 40, 42 ragen etwas über die Stirnflächen 18 hinaus, damit sie bei Wartungsarbeiten entfernt werden können.

In Ausführungsalternativen von Fig. 3 sind entlang jeder Umfangslinie mehr oder weniger Keile 40, 42 vorgesehen, oder es sind Keile 40, 42 an mehr oder weniger als drei Umfangslinien angeordnet. Auch eine unregelmäßige Verteilung der Keile 40, 42 ist möglich.

Fig. 4 stellt ein gegenüber Fig. 3 abgewandeltes Ausführungsbeispiel dar, bei dem nur kurze Keile 40 an den Stirnseiten 18 zwischen die Magnetbaugruppe 10 und die Gradientenspulenbaugruppe 14 geklemmt sind. An der zweiten Fläche 16 der Gradientenspulenbaugruppe 14 ist für jeden Keil 40 eine ebene, schräge Auflagefläche 44 ausgebildet, an der der abgeschrägte Bereich des Keils 40 flächig anliegt. Die in Fig. 4 oben dargestellte Fläche 46 jedes Keils 40 ist entsprechend der Krümmung der ersten Fläche 12 ebenfalls gekrümmt, so daß jeder Keil 40 auch am Magnetinnenrohr flächig anliegt.

In Ausführungsalternativen der Vorrichtung von Fig. 4 kann die erste Fläche 12 ebene Auflagebereiche aufweisen, oder die Keile 40 können an ihrem schrägen Bereich entsprechend dem Verlauf der zweiten Fläche 16 gekrümmt sein.

Patentansprüche

1. Kernspintomograph, der eine Magnetbaugruppe (10) mit einer ersten Fläche (12) und eine Gradientenspulenbaugruppe (14) mit einer zweiten Fläche (16) aufweist und bei dem die erste und die zweite Fläche (12, 16) einander zugewandt und mit Abstand voneinander angeordnet sind, wobei eine Geräuschminderungseinrichtung zum Dämpfen der Schwingungen der Gradientenspulenbaugruppe (14) und/oder zum Versteifen der Gradientenspulenbaugruppe (14) in Kontakt mit der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Geräuschminderungseinrichtung in flächigem Kontakt mit der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) steht.
2. Kernspintomograph nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geräuschminderungseinrichtung einen Schaum und/oder einen Schaumstoff und/oder eine Flüssigkeit und/oder ein Gas und/oder Sand (32) aufweist.
3. Kernspintomograph nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Geräuschminderungseinrichtung mindestens ein Kissen (20) aufweist.
4. Kernspintomograph nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Kissen (20) mit mindestens einem der in Anspruch 2 genannten Stoffe gefüllt ist und

eine für diesen Stoff undurchlässige Außenhaut (22) aufweist.

5. Kernspintomograph nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Kissen (20) eine luftundurchlässige Außenhaut (22) und eine Schaumstofffüllung (26) aus einem offenzelligen Schaumstoff aufweist.

6. Kernspintomograph nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Kissens (20) durch Abpumpen von in ihm enthaltener Luft so weit verringert ist, daß es in den Spalt zwischen der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) eingeschoben und aus diesem Spalt herausgezogen werden kann.

7. Kernspintomograph nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Geräuschminderungseinrichtung dadurch gebildet ist, daß ein zumindest von der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) begrenzter Raum mit mindestens einem der in Anspruch 2 genannten Stoffe gefüllt ist.

8. Kernspintomograph nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Fläche (12) die Innenfläche eines Magnetinnenrohres der Magnetbaugruppe (10) ist und daß die Gradientenspulenbaugruppe (14) rohrförmig ausgebildet und die zweite Fläche (16) deren Außenfläche ist.

9. Kernspintomograph, der eine Magnetbaugruppe (10) mit einer ersten Fläche (12) und eine Gradientenspulenbaugruppe (14) mit einer zweiten Fläche (16) aufweist und bei dem die erste und die zweite Fläche (12, 16) einander zugewandt und mit Abstand voneinander angeordnet sind, wobei eine Geräuschminderungseinrichtung zum Dämpfen der Schwingungen der Gradientenspulenbaugruppe (14) und/oder zum Versteifen der Gradientenspulenbaugruppe (14) in Kontakt mit der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Geräuschminderungseinrichtung Keile (40, 42) aufweist, die zwischen die erste und die zweite Fläche (12, 16) eingespreizt sind.

10. Kernspintomograph nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Fläche (12) die Innenfläche eines Magnetinnenrohres der Magnetbaugruppe (10) ist und daß die Gradientenspulenbaugruppe (14) rohrförmig ausgebildet und die zweite Fläche (16) deren Außenfläche ist.

11. Kernspintomograph nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß entlang mindestens einer Umfangslinie der Gradientenspulenbaugruppe (14) mindestens sechs, vorzugsweise mindestens zehn Keile (40, 42) eingespreizt sind.

12. Kernspintomograph nach den Ansprüchen 9 und 10 oder nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Keile (40, 42) an mindestens drei axial versetzten Stellen der Gradientenspulenbaugruppe (14), vorzugsweise an den beiden Stirnseiten (18) und in der Mitte, eingespreizt sind.

13. Kernspintomograph nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Keil (40, 42) flächig an der ersten und der zweiten Fläche (12, 16) anliegt.

14. Kernspintomograph nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kernspintomograph ferner die Merkmale eines der Ansprüche 1 bis 8 aufweist.

15. Kernspintomograph nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Gradientenspulenbaugruppe (14) rohrförmig ausgebildet ist und durch die Geräuschminderungseinrichtung die Eigen-

frequenzen der Gradientenspulenbaugruppe (14) in Umfangs- und in Längsrichtung gegeneinander verstimmt werden.

16. Verwendung einer Geräuschminderungseinrichtung bei einem Kernspintomographen, so daß der durch die Verwendung gebildete Kernspintomograph die Merkmale eines der Ansprüche 1 bis 15 aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

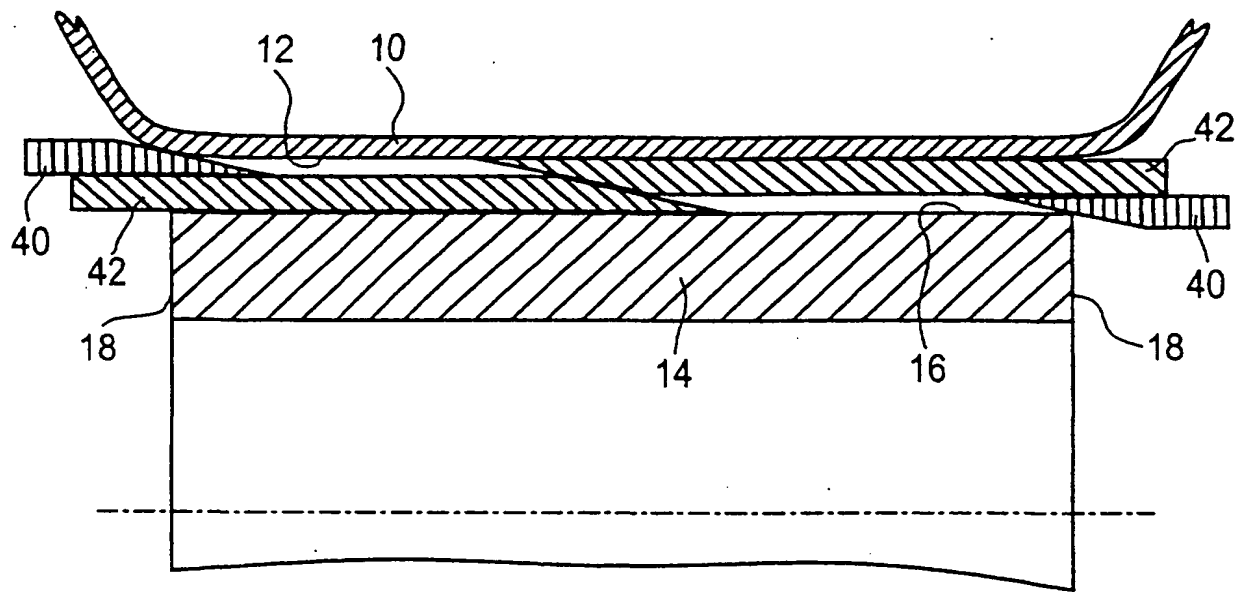


FIG 3

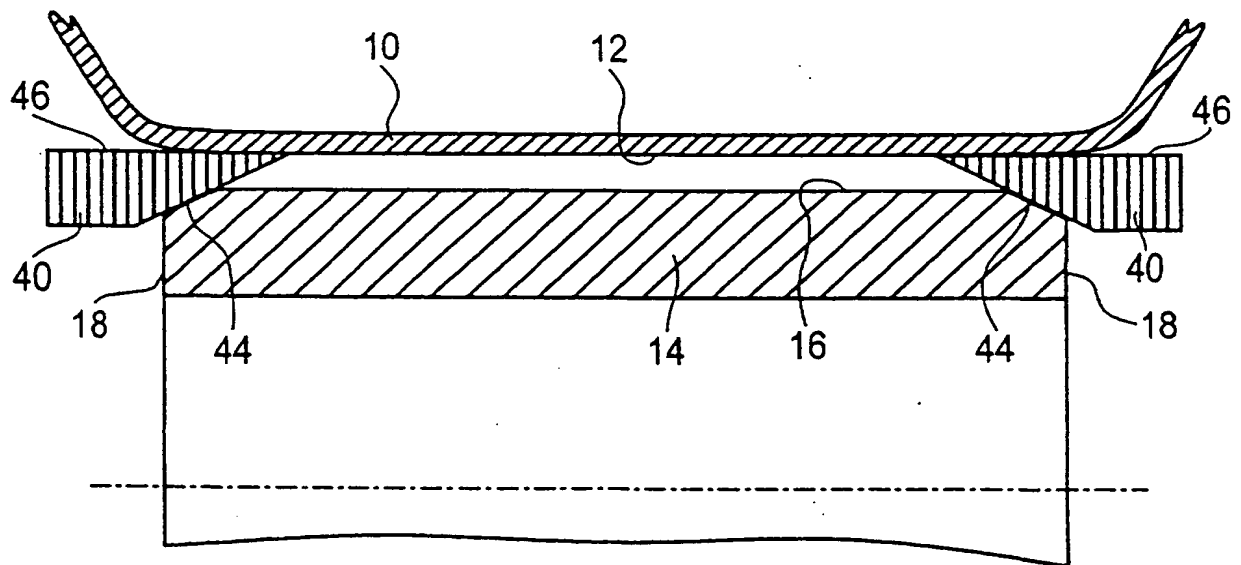


FIG 4

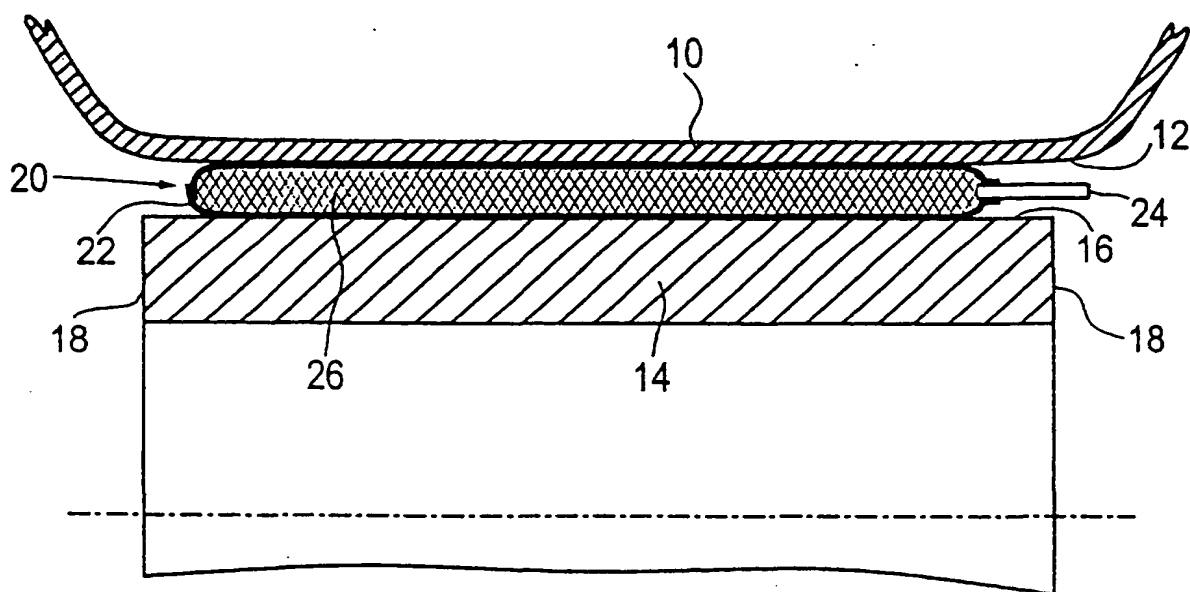


FIG 1

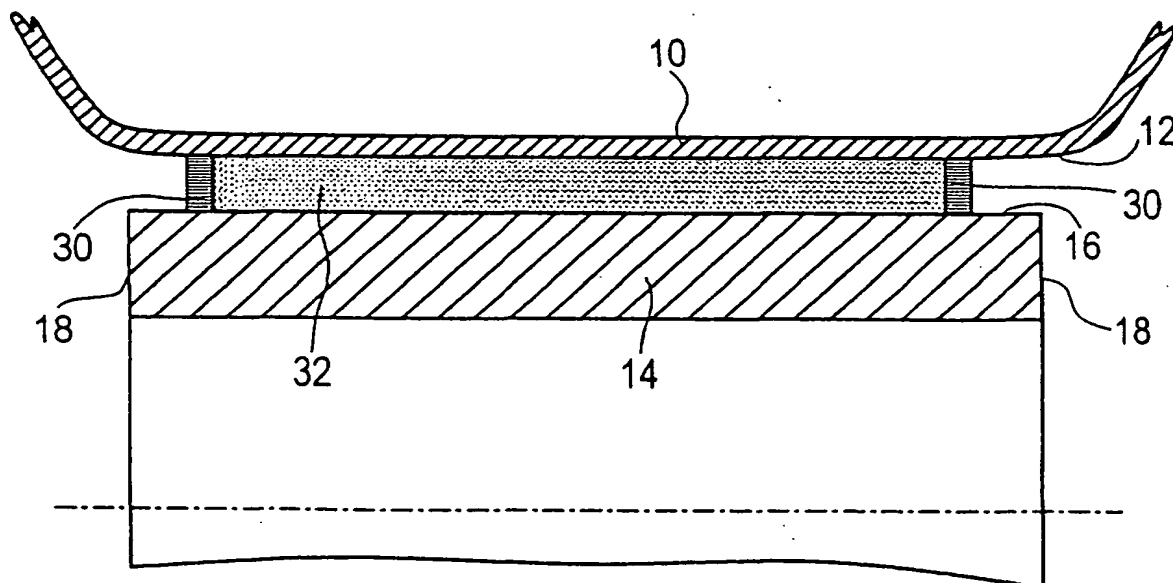


FIG 2